

MEMORIA FINAL

Proyecto de innovación y mejora docente



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN, PARA LA INNOVACIÓN DOCENTE, CON TÉCNICAS DE REALIDAD AUMENTADA SOBRE DISPOSITIVOS PORTABLES, QUE MEJOREN EL APRENDIZAJE

Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez
Coordinador del Proyecto ID2013/114
Curso Académico: 2013-2014



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

Proyectos estratégicos de formación, innovación y mejora docente de la Universidad de Salamanca

MEMORIA FINAL

**SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN,
PARA LA INNOVACIÓN DOCENTE, CON TÉCNICAS DE
REALIDAD AUMENTADA SOBRE DISPOSITIVOS
PORTABLES, QUE MEJOREN EL APRENDIZAJE**



Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez

Coordinador del Proyecto

Proyecto: ID2013/114

Curso académico: 2013-2014

INDICE

	Página
Las nuevas tecnologías en la formación médica universitaria	5
Importancia de la imagen médica tridimensional en la formación universitaria	10
Realidad virtual y realidad aumentada como herramientas formativas	13
Los simuladores, bajo entornos tecnológicos, como herramientas para la formación médica	14
Dispositivos electrónicos portables como elementos integrados en la formación universitaria	26
Justificación y objetivos del proyecto	28
Metodología	30
Resultados	37
Conclusiones	41
Referencias bibliográficas	42

LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA FORMACIÓN MÉDICA UNIVERSITARIA

En la sociedad en la que vivimos, la información y el conocimiento tienen cada vez más influencia en el entorno laboral y personal de los ciudadanos; sin embargo, los conocimientos tienen fecha de caducidad. El modelo tradicional de aprendizaje consistente en saber escribir y leer, ya no significa hoy ser una persona alfabetizada. Aunque la lectura y la escritura siguen constituyendo la base para el aprendizaje, no son suficientes para acceder a la información que sobre casi cualquier tema circula por Internet. Surge un nuevo modelo en el que las personas se deben familiarizar con las nuevas tecnologías. Este nuevo modelo de enseñanza, hace que si no se sigue la línea de las nuevas tecnologías, se produzca lo que algunos han denominado analfabetización tecnológica o exclusión social (Martín-Laborda R, 2005).

Es evidente que el proceso educativo ha cambiado. Antes, una persona pasaba por las diferentes etapas del sistema educativo (desde Infantil a la Formación Profesional o Universitaria) para poder iniciar su vida laboral. A partir de ahí, a excepción de algunos cursos de actualización ofrecidos en su ambiente profesional, se consideraba que la persona ya estaba preparada (Martín-Laborda R, 2005). En la actualidad, la velocidad a la que se producen las innovaciones, el crecimiento acelerado de los conocimientos científicos y los cambios tecnológicos, exigen una actualización permanente de los mismos. Surge la necesidad de la formación continuada, o lo que es lo mismo, el aprendizaje a lo largo de toda la vida. La formación continuada es ampliamente reconocida como una parte indispensable de la vida laboral de los médicos. Las posibilidades para reciclarse se amplían al

poder aprender, ya sea formalmente a través de cursos on-line organizados por centros, o de forma más informal, participando en foros, redes temáticas, chats, videoconferencias o comunicaciones de correo electrónico entre colegas nacionales o del extranjero.

La aparición de lo que en su momento se llamaron “Nuevas Tecnologías” en las últimas décadas del siglo XX ha sido la causa de la llamada “Revolución Digital”, revolución que, a diferencia de otras anteriores, ha conseguido que los cambios y las transformaciones derivadas se hayan producido muy rápidamente en todos los ámbitos de la sociedad. Internet se ha desarrollado e incorporado a la vida de los ciudadanos a una velocidad vertiginosa. Se ha configurado la “Sociedad del Conocimiento”, que se caracteriza por la posibilidad de acceder a volúmenes ingentes de información y de conectarse con otros colectivos o ciudadanos (Martín-Laborda R, 2005).

La diseminación de las webs en la década de los 90 del pasado siglo, introdujo la idea de que la formación a distancia vía Internet iba a ser el sustituto natural de la formación tradicional presencial. Añadía accesibilidad y posibilitaba la formación sin restricciones de tiempo, espacio y sin la interacción alumno-profesor, pero seguía manteniendo el mismo esquema de transmisión unidireccional de conocimientos, por lo que en realidad supuso para algunos un retroceso a nivel pedagógico (Hugenholtz NI. et al, 2008).

La llegada de wikis, podcasts, blogs, microblogs, redes, comunidades sociales etc..., aporta nuevos elementos que tienen un gran potencial. La versatilidad en el uso de diferentes formatos, la interactividad y la posibilidad de trabajar a tiempo real desde diferentes puntos del planeta, abren la puerta a un nuevo enfoque en la educación médica. El siguiente paso consistirá, según parece, en

individualizar los contenidos y accesos a la red, lo cual permitirá diseñar planes docentes “a la carta” en función de las necesidades formativas de cada cual (Gavilan E, 2010).

El anglicismo e-learning que es a veces llamado el aprendizaje en línea, enseñanza asistida por computadora, o el aprendizaje basado en Internet, se refiere al uso de las tecnologías de Internet para ofrecer una amplia serie de materiales didácticos que mejoren el conocimiento de los estudiantes y en último término su rendimiento (Ruiz JG. et al, 2006).

Han surgido mucho términos que no son siempre sinónimos o intercambiables como: educación a distancia, educación abierta, educación tecnológica, teleformación, aprendizaje en redes, comunidades de aprendizaje, aprendizaje colaborativo, e-learning, blended learning... Como la educación médica debe ser continua para hacer frente a nuevos retos sociales, científicos y pedagógicos las aplicaciones e-learning pueden mejorar la eficiencia y la eficacia. Asegurar la disponibilidad de una gama cada vez mayor de materiales e-learning de alta calidad, parece ser una excelente manera de aprendizaje (Prince NJ. et al, 2010).

Una de los principales ventajas pedagógicas del e-learning reside en su interactividad (Clark D, 2006). El concepto de interactividad es todavía aún hoy controvertido, careciendo incluso de una clara definición aceptada. Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), se define como el modo de trabajo entre un terminal y el ordenador que permite el diálogo entre usuario y ordenador.

En EE.UU es ya una herramienta potente para el aprendizaje y la enseñanza. Los primeros estudios tendían a comparar e-learning con los métodos estándar de enseñanza, sin embargo, ahora existe un mayor interés en el 'blended learning'; que es la utilización conjunta de las estrategias de e-learning y de los métodos de enseñanza más tradicionales en las escuelas de medicina (Ruiz JG. et al, 2006). El efecto de los programas de formación médica continuada basados en nuevas tecnologías, es hoy todavía motivo de controversia. Para algunos el efecto es comparable al de los métodos tradicionales (Wutoh R. et al, 2004; Curran VR. et al, 2005).

Fordis y cols. (2005) encontraron que la formación basada en nuevas tecnologías, puede conducir a un mantenimiento del conocimiento superior a las medidas tradicionales. Continua siendo interesante estudiar la persistencia de los conocimientos obtenidos con el tiempo y aún más importante, es estudiar el impacto del e-learning en la práctica profesional. Los materiales impresos se han utilizado ampliamente durante siglos, por lo que su persistencia en el tiempo es la prueba de su utilidad. La historia del e-learning, es relativamente reciente e influyen varios factores, aunque la mayoría de los encuestados (hasta un 79%) los evalúa favorablemente (Fordis M. et al, 2005).

El alumno toma en la actualidad un papel más activo, crítico y autónomo gracias al acceso a la información. Ya no vale con lo que cuenta el profesor. El alumno, ya sea de forma individual o en grupo, debe aprender a buscar la información, a procesarla, es decir, a seleccionarla, evaluarla y a convertirla en última instancia, en conocimiento. El beneficio para la medicina en particular de estos nuevos medios de compañía virtual es que con unos "clics" de ratón

accedemos a un número ilimitado de consultas, en cualquier momento y en cualquier lugar (Muller M. et al, 2008).

Por otro lado, la actualización de materiales e-learning puede suponer costos similares o incluso mayores, pero en ocasiones, la relativa facilidad en la redistribución de dichas actualizaciones de contenidos, compensa los costes (Ruiz JG. et al, 2009). Esta enseñanza tecnológica a distancia presenta a su vez nuevos problemas u obstáculos, ya que se requieren nuevos requisitos a los ya existentes tales como, conocimientos informáticos o inversión económica en equipos (Zapata M. et al, 2005).

De forma general, la información en la red está compuesta por pequeñas partes que en general se conocen como recursos. Cada recurso disponible en la red, tiene su propia dirección electrónica única conocida como localizador uniforme de recursos (URL: "Uniform Resource Locator"). Cuando se teclea un URL en un navegador, se encontrará el recurso desde su lugar de depósito que puede estar en cualquier sitio, en cualquier lugar del mundo físicamente hablando y lo mostrará en la pantalla del lector. En la red hay mucha información médica fiable disponible; sin embargo, el desafío para el ocupado profesional médico reside en encontrarla de una forma eficaz e ignorar la información no válida. Lo prudente es ejercitar el juicio y confiar en las fuentes de procedencia conocida (Libkind A, 2004). Los sitios Web médicos abarcan un amplio abanico, desde los que publican artículos con revisión científica externa, a información sesgada o fraudulenta por intereses comerciales (D'Alfonso J. et al, 2002; Prince NJ. et al, 2010).

En definitiva, Internet se ha convertido en una herramienta imprescindible para la práctica médica diaria. La base fundamental

del conocimiento médico actual, son los artículos publicados con revisión científica externa, que constituyen la bibliografía médica. Las guías de práctica clínica revisadas por expertos o consensuadas, son también de la máxima utilidad clínica. Una buena fuente para obtener guías prácticas médicas es la National Guideline Clearinghouse (NGC) en www.guideline.gov. Otro sitio fiable y que contiene un valioso material orientado clínicamente es MEDLINE, controlado por la National Library of Medicine (creada por un cirujano del ejército de los EEUU en 1836). MEDLINE contiene más de 21 millones de citas bibliográficas de más de 4.600 publicaciones biomédicas. Desde que comenzó el siglo XX ha sido la biblioteca médica más grande del mundo. Contiene sencillas entradas bibliográficas desde 1953.

Otro gran avance tecnológico, son los llamados teléfonos inteligentes ("smartphones"), que es un término comercial para denominar a un teléfono móvil que ofrece más funciones que un teléfono común. Disponibles en el mercado desde el año 2007, permiten la funcionalidad completa de un organizador personal. Disponen de pantallas táctiles y sistemas operativos con funciones multitarea. Están suponiendo una revolución, ya que cada vez son más las aplicaciones médicas disponibles.

IMPORTANCIA DE LA IMAGEN MÉDICA TRIDIMENSIONAL EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA

Una imagen médica está constituida por una colección de medidas o valores en el espacio bidimensional (2D) o tridimensional (3D). En imágenes 2D, la posición de cada medida se conoce como *píxel* y en imágenes 3D, se le llama *voxel*. Tradicionalmente, la Tomografía Computarizada y la Resonancia Magnética producen imágenes estáticas en 2D sobre una película. Para producir imágenes

3D se realizan muchos "cortes" o escaneos, que combinados por un ordenador, producen modelos 3D que pueden ser manipulados según nuestro propósito. Con el incremento en tamaño y número de imágenes médicas, se ha hecho necesario el uso de potentes ordenadores para facilitar el procesamiento y análisis de las mismas.

El veloz desarrollo y la proliferación de las tecnologías de adquisición de imágenes médicas están revolucionando la medicina. Estas imágenes juegan un papel muy importante en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, debido a que nos permiten obtener información vital observando el interior del cuerpo humano de una forma no invasiva (Juanes JA. et al, 2010 y 2011).

Aunque Everett Koop, cirujano general de los E.E.U.U. opinó en 1993 que: "el conocimiento médico que tenemos es hoy 20 veces más grande que cuando estudié, pero los métodos de enseñanza no han cambiado mucho"; en anatomía, se ha pasado en pocos años del estudio sobre disecciones de cadáveres, o sobre libros y atlas de láminas plegables, a un estudio con métodos que se aproximan lo máximo posible a la realidad. Así a partir del año 1989 se desarrolla el "Visible Human Project" (VHP), que es el primer modelo totalmente realista de la anatomía del hombre y la mujer y que ha contribuido a facilitar la comprensión de la anatomía y con ello ha ayudado en los diagnósticos y tratamientos.

Las innumerables investigaciones derivadas del VHP, muchas de ellas dirigidas a la elaboración de atlas, subrayan la importancia de la visualización 3D de estructuras, tanto con fines formativos, como de cara a la planificación o simulación quirúrgica (Juanes et al, 2003; Juanes JA. et al, 2010; Prats A. et al, 2010; Juanes JA, 2011; Juanes

JA. et al, 2011; Rodríguez MJ. et al, 2010; Juanes JA. et al, 2012).
Visible Human set Available from
http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/visible_human.html.

Además, como ya señalara Grigore C. y cols. en 2003, la enseñanza interactiva de la anatomía humana es necesaria puesto que el entrenamiento con cadáveres es escaso y no repetible (Grigore C. et al, 2003).

Estos métodos de visualización de imágenes tienen una gran aceptación entre los estudiantes. Por ejemplo, en un modelo de aneurisma de aorta abdominal que se presentó a 160 alumnos, el 93% encontraron ventajas con este sistema de aprendizaje frente al modelo tradicional, y el 96% encontraban beneficioso su introducción en los planes de estudio. La tecnología 3D facilita el estudio tanto a un alumno de 1º de medicina que se enfrenta por primera vez a la asignatura, como al clínico en su práctica habitual (Vuchkova J. et al, 2011).

El Servicio de Radiología del Hospital General de Massachusetts de la Universidad de Harvard y el Instituto de Investigaciones Biomédicas de Barcelona, revisaron la aportación de las representaciones 3D a partir de la ecografía en el conocimiento de la anatomía funcional de la válvula mitral del corazón y sus aplicaciones clínicas. Concluyeron que las reconstrucciones 3D aportan conocimientos únicos, tanto anatómicos como funcionales, que mejoran el conocimiento y tratamiento de distintas patologías asociadas (Solis J. et al, 2009).

La mayor parte de la información que recibe el cerebro humano se elabora a través del sistema de percepción visual y con las imágenes tridimensionales el alumno o profesional de la medicina

tiene una visión más real que la obtenida por métodos clásicos, lo que facilita al cerebro la interpretación de las imágenes desde la teoría a la práctica.

REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA COMO HERRAMIENTAS FORMATIVAS

El término realidad virtual (RV) es en sí mismo paradójico ya que se compone de dos conceptos semánticamente opuestos. Se trata de un sistema tecnológico cuyo objetivo es crear una realidad aparente que permita al usuario tener la sensación de formar parte de ella o de quedar implicado en su contexto. Estos “entornos virtuales” constituyen un modelo matemático que describe un espacio tridimensional dentro del cual existen objetos con los que se puede interactuar.

Por tanto, estos sistemas tecnológicos proporcionan una visualización participativa del usuario, en tres dimensiones, y la simulación de mundos virtuales, lo que ofrece al sujeto la posibilidad de experimentar determinados ambientes como si se encontrase en dentro de ellos.

Esto se consigue mediante la generación, por ordenador, de un conjunto de imágenes que son contempladas por el usuario a través de un casco, provisto de un visor especial.

Algunos equipos se completan con trajes y guantes, equipados con sensores diseñados para simular la percepción de diferentes estímulos, que intensifican la sensación de realidad.

Los programas informáticos para el desarrollo de aplicaciones de RV se fundamentan en los conceptos de computación gráfica. Su

aplicación, aunque centrada inicialmente en el terreno de los videojuegos, como casi todo de un tiempo a esta parte, se ha extendido a otros muchos campos como el educativo biosanitario, existiendo desarrollos muy interesantes. Los usos de la realidad virtual en medicina pueden ser muchos, y de hecho es uno de los campos que se ha aprovechado más de los avances de la realidad virtual.

Actualmente los campos más importantes de aplicación son los simuladores para la formación y entrenamiento en tareas sofisticadas, permitiendo al facultativo o al estudiante de medicina experimentar las sensaciones reales para desarrollar habilidad y destreza frente a técnicas complicadas, como son los cateterismos o la realización de endoscopias.

También se ha utilizado estas procedimientos tecnológicos para el tratamiento de enfermos de fobias y otros traumas (acrofobia, claustrofobia, etc...), y sobre todo, en los últimos años, en la cirugía. Los simuladores de abordajes quirúrgicos, basados en técnicas de RV, resultan muy adecuados para adquirir conocimientos y valorar las diferentes situaciones que se puedan plantear en una intervención antes de desarrollarla sobre un paciente real. Por tanto, los simuladores quirúrgicos abren la posibilidad a los cirujanos de ensayar operaciones complicadas antes de realizarlas intervención.

LOS SIMULADORES, BAJO ENTORNOS TECNOLÓGICOS, COMO HERRAMIENTAS PARA LA FORMACIÓN MÉDICA

Al avance tecnológico imparable en medicina, se ha añadido la cultura de la seguridad y de la prevención de errores e incidentes críticos. En caso de una emergencia en anestesiología, existe la

necesidad de personal entrenado. La falta de capacitación y conocimiento sobre por ejemplo, el equipo de anestesia, se convierte en un problema para el anestesiólogo que trabaja con él (Weller JM. et al, 2009).

En medicina, estos programas de prevención de incidentes críticos se introdujeron por anestesiólogos en la década de los 60, y ha sido a partir del año 2000 cuando se ha extendido a la medicina en general. La publicación del Institute of Medicine de América "To Err is human", definió que el 80% de los errores médicos son evitables y consecuencia de la interacción del equipo y de éstos con el sistema. Este hecho, ha impulsado la enseñanza por simulación de situaciones en las que existen interacciones complejas dentro del equipo asistencial, permitiendo la exposición de éste a escenarios críticos poco frecuentes en la práctica, con el fin de mejorar la coordinación, facilitar la labor de cada uno de sus miembros y en último término, mejorar los resultados (Cumin D. et al, 2007). La simulación ha adquirido categoría académica y científica. El gran desarrollo de la educación médica basada en las simulaciones ha estimulado la creación de sociedades científicas sobre esta temática; así en 2004 se fundó la Society for Simulation in Healthcare y en el 2006 apareció su revista oficial que está indexada (<http://www.simulationinhealthcare.com>). En nuestro país en junio del año 2009 en Santander, con ocasión de unas jornadas sobre simulación, se dio el primer paso para constituir la Sociedad Española de Simulación en Salud que pretende agrupar a distintas especialidades médicas y quirúrgicas, enfermería y profesionales no sanitarios, como docentes, ingenieros, psicólogos y las principales empresas del sector con el fin de compartir objetivos y puntos de vista que permitan el desarrollo de estas nuevas metodologías en educación.

Hoy en día, la práctica de la anestesia clínica parece muy segura debido a que los avances en la monitorización aportan una información cada vez más precisa del estado del paciente. Junto a esto, la aparición de fármacos con menos efectos secundarios y una preparación cada vez mayor de todo el personal que realiza el cuidado de los pacientes, ayuda a minimizar los errores. Pero no hay que olvidar que la anestesia es una disciplina eminentemente terapéutica, en la que de forma habitual se administran fármacos que actúan de forma muy rápida y son potencialmente letales. La ventaja del uso de simuladores en medicina y concretamente en anestesiología, es que permiten la creación de entornos realistas y reproducibles, que no ponen en peligro a los pacientes.

Los antecedentes de la filosofía y de la tecnología actualmente empleada para la simulación en medicina, provienen de la industria de la aviación. Así, en la Primera Guerra Mundial se diseñó el "Link Trainer", un modelo estático para que los pilotos conocieran los aviones y ya en la Segunda Guerra Mundial se introdujo un nuevo concepto, simuladores para "sentir" el comportamiento dinámico del avión. En la década de los 50 se produjeron importantes avances en tecnología electrónica, en los 70 se mejoró la tecnología de las computadoras, y en los años 80 se introdujeron los ordenadores personales. Esto último ha permitido el desarrollo y una mayor utilización de los sistemas de simulación.

La simulación pretende la representación artificial, casi siempre simplificada, de un proceso complejo del mundo real con la suficiente fidelidad para lograr un objetivo específico, valorar una competencia profesional o la ejecución de una determinada acción (Doyle DJ, 2002). Así, se considera la simulación como la herramienta disponible actualmente con mejores características para la evaluación, si bien su

uso en este campo está poco desarrollado, aunque se empieza a difundir en algunas universidades de Medicina (Levine AI. et al, 2008).

El entrenamiento para la resolución de situaciones de crisis o incidentes críticos poco frecuentes es el terreno habitual donde se emplean sistemas complejos de simulación. Esto es así, porque sería imposible preparar a cualquier equipo para que actúe de forma coordinada, ordenada y eficaz ante situaciones clínicas a las que no han estado nunca, o muy poco expuestos.

El hecho de que cada vez sea más frecuente administrar técnicas anestésicas a pacientes con patología asociada para procedimientos quirúrgicos agresivos, hace que exista una situación de peligro potencial indefinible que subyace cada vez que realizamos una determinada técnica anestésica. Es en estas situaciones de peligro potencial, donde la simulación previa va a tener un papel importante (Juanes JA. et al, 2011).

Un simulador simplemente es un producto que se usa para "simular" algo. Puede ser un maniquí a escala real, conectado a un sistema de ordenadores, que incluso nos habla y responde, en un medio que reproduzca un quirófano con todos sus elementos, incluidos cirujanos operando, enfermeras y otro personal. Pero también lo es, por ejemplo, un dispositivo supraglótico que se inserta en una cabeza de un maniquí. No toda la simulación requiere un dispositivo simulador, así, el "role playing" o actuación, es un ejemplo de simulación que no precisa ayuda física (Hu J. et al, 2007).

Se denominan simuladores de anestesia a los sistemas informáticos que reproducen algunos o todos los aspectos de la anestesia y que son útiles para su aprendizaje, o para mejorar el rendimiento de

los anestesiólogos. En medicina, el primer maniquí médico se introdujo en los años 1960 para enseñar la reanimación cardiopulmonar básica con ventilación boca-boca, y a partir de entonces, se han desarrollado de forma constante distintos maniqués, bien para técnicas concretas o para simular el ambiente complejo de una situación clínica. El "Sim One" se considera el primer simulador realista de anestesiología, fue descrito en 1969 y desarrollado por la Universidad de California (Denson JS. et al, 1969). Se abandonó por su alto coste y por la falta de soporte de la microinformática de la época (Cumin D. et al, 2007).

En el pasado, en el mercado existían dos grandes grupos de sistemas que atendían a dos conceptos diferentes de simulación: simuladores de pantalla y simuladores de escala real.

- *Simuladores de pantalla:* se basan en un programa informático que representan en el monitor del ordenador algunos aspectos de la práctica clínica. Para reproducir las condiciones del paciente, cuentan con un terminal que en estos simuladores es el monitor del ordenador personal. En la pantalla del ordenador se representan gráficamente todos los datos que reproducen al paciente con sus características clínicas, la monitorización y los parámetros de la ventilación, así como imágenes de la vía aérea del paciente. El médico, a través del ratón del ordenador, indica sus secuencias de actuación mediante menús de opciones que aparecen en la pantalla. Los signos vitales del paciente evolucionan en tiempo real según modelos matemáticos y fisiológicos, y el sistema recoge y procesa estas acciones y varía el curso de la simulación. El ASC o *Anestesia Simulator Consultant* es el simulador de pantalla más extendido y fue desarrollado por el doctor Howad Shwid de la Universidad de Washington y su

equipo en 1986, de esta tecnología se han derivado posteriormente modelos de simuladores para la medicina crítica y de urgencias.

- *Simuladores a Escala Real:* a diferencia de los anteriores, se instalan en espacios físicos similares a donde se presupone que se desarrolla el caso clínico (box de urgencias, quirófano, reanimación, etc) . Un maniquí simula al paciente, hay aparatos de monitorización, respirador, personal de enfermería, y todo el material y medicación del que se pueda disponer en cada una de estas áreas. El médico procede como lo haría en su ambiente de trabajo: realiza la anamnesis, la exploración física, solicita las pruebas complementarias y ejecuta las técnicas tanto diagnósticas como terapéuticas que crea oportunas. El sistema recoge y procesa estas actuaciones, variando el curso clínico del paciente según las decisiones que el médico haya tomado (Rabanal JM. et al, 2003).

Los simuladores basados en pantalla son los más baratos, no precisan tutor, el alumno puede verlo tanto tiempo como quiera y, aunque no permiten enseñar habilidades, son muy útiles. Los anestesiólogos disponemos de varios de ellos comercializados y muy difundidos, como el BODY, que simula la actuación durante una anestesia general y se pueden programar casos completos, o el GasMan de farmacocinética de los anestésicos inhalatorios. Actualmente existen también los simuladores basados en la realidad virtual (Hu J. et al, 2007). En la práctica, lo que es realmente útil es combinar diversos tipos de simuladores. Por ejemplo, se puede observar en pantalla cómo utilizar un laringoscopio de Bullard y luego ensayarlo con un laringoscopio real, en una cabeza con una vía aérea simulada. Los resultados son muy buenos, y el balance coste resultado muy ventajoso.

En las revisiones de Cumin y Merry, de Doyle y de Gouvitsos y cols. se puede encontrar información extensa de 83 simuladores comercializados, cuyo precio oscila entre 80 euros y más de 40.000 euros. Además se proporcionan las páginas web para obtener información y las habilidades que enseñan varios dispositivos disponibles (Gouvitos F. et al, 1999; Doyle DJ, 2002; Cumin D. et al, 2008). Continuamente se van sumando nuevos programas o dispositivos que se diseñan para problemas concretos en anestesiología (Hassan ZU. et al, 2008).

En anestesia regional el número de simuladores basados en realidad virtual para fines docentes es limitado (Hu J. et al, 2007; Ullrich S. et al, 2007 y 2008; Bibin L. et al, 2008). Los métodos de entrenamiento en AR incluyen la utilización de cadáveres, la enseñanza mediante vídeos y modelos simples de paciente virtuales.

Como se deduce de lo anteriormente señalado, la enseñanza por simulación en medicina es un campo amplio, con diferentes niveles de complejidad tecnológica, que no se basa únicamente en complicados y costosos simuladores. No sustituye a otros métodos docentes, mucho menos a la práctica clínica, si no que los complementa y debe ser integrada en ella (Doyle DJ, 2002).

Puede aplicarse a cualquier nivel de la docencia de la anestesiología como pregrado, médicos residentes o especialistas. También, a equipos multidisciplinarios de anestesiólogos, cirujanos, enfermeras, perfusionistas, etc.... Con la tecnología actual se hace posible crear ambientes en los que los maniquís-pacientes "se operan", son "anestesiados" o sometidos a tratamientos intensivos.

Sin embargo, la simulación está infrautilizada en anestesiología como en todos los campos de la medicina, y la causa es que se ha considerado sólo adecuada aquella que se realiza en escenarios complejos, en centros de simulación, imposibles para el uso cotidiano de los profesionales. A este respecto, existen grandes centros de simulación de realidad virtual. En Europa, los primeros dedicados a la formación de anestesiólogos tanto para su práctica intrahospitalaria como en las emergencias extrahospitalarias, se abrieron en Bruselas, Leiden, Lille y varios en Alemania. Actualmente hay muchos más. En España existe uno bien organizado en Santander. Un centro de simulación de realidad virtual con maniquí, equipamiento y personal cuesta alrededor de 700.000 euros y más de 300.000 euros al año para mantenimiento. El coste hace que sólo se disponga de estos centros en determinadas instituciones y si no hay un amplio apoyo organizativo y económico de las instituciones, la rentabilidad de estos centros es limitada (Hariri S. et al, 2004; Gurusamy K. et al, 2008; Palés JL. et al, 2010).

En el tema de la educación hay pocas evidencias científicas sobre eficacia porque la investigación es difícil. Algunos autores argumentan que no sirve para todo ni sustituye al aprendizaje clínico, pues siempre lo simplifica en exceso e incluso llegan a manifestar que son una pérdida de tiempo y simplemente juguetes. Pero de todos modos, existen bastantes datos para afirmar que la simulación de bajo coste, como la distribuida por programas de simulación en Internet, es útil en determinados campos de la medicina. Si estos sistemas tienen métodos de autoevaluación y puntuación del alumno, mucho más. Issenberg y cols. (2005) publicaron la primera revisión sistemática sobre la enseñanza por simulación en un período de 34 años, desde 1969 a 2003. Los datos sugieren que las simulaciones médicas en medios realistas facilitan el aprendizaje si se dan las

condiciones adecuadas y que complementan a los métodos tradicionales. Estas condiciones son: a) que tengan bien definidos de antemano los resultados a obtener, b) que proporcionen feedback al alumno y c) que permitan la práctica repetitiva. Respecto a esto último, cabe preguntarse cada cuánto hay que repetirlo para mantener las competencias determinadas, aspecto que aún no se ha estudiado. Cuando tras el aprendizaje por simulación el profesional está expuesto habitualmente a esa misma circunstancia clínica, probablemente mantendrá sus competencias en ese campo, pero cuando se trata de situaciones raras o infrecuentes, al cabo de un determinado tiempo debería volver a exponerse a la simulación. Para cada tipo de objetivo docente, la periodicidad de la repetición será diferente, pero hay que tenerla en cuenta si lo que se pretende realmente es aumentar la seguridad de los pacientes. Otros muchos estudios han tenido resultados dispares debido en parte a la heterogeneidad de los métodos utilizados o porque las muestras eran pequeñas, pero en líneas generales han sido positivos y considerados como una forma muy motivadora de aprendizaje (Greenhalgh T, 2001; Murray D, 2005; Cook DA. et al, 2008; Davis J. et al, 2008; Okuda Y. et al, 2009; Hadley J. et al, 2010). Por tanto, se considera que la enseñanza por simulación es efectiva con la práctica repetitiva y con múltiples estrategias de aprendizaje individualizado, representando un cambio de paradigma en las prácticas de entrenamiento o “training”.

La realidad virtual a base de simuladores, puede ofrecer a los alumnos un ambiente seguro para aprender y practicar diferentes técnicas. Sin embargo, actualmente los simuladores disponibles son escasos e incluso de uso experimental, lo que limita su uso para un entrenamiento realista. Por último se muestran algunas imágenes de simuladores e imagen en 3D de múltiples especialidades, obtenidas

en su mayoría a través del buscador de imágenes de Google (Figuras 1 a 6):

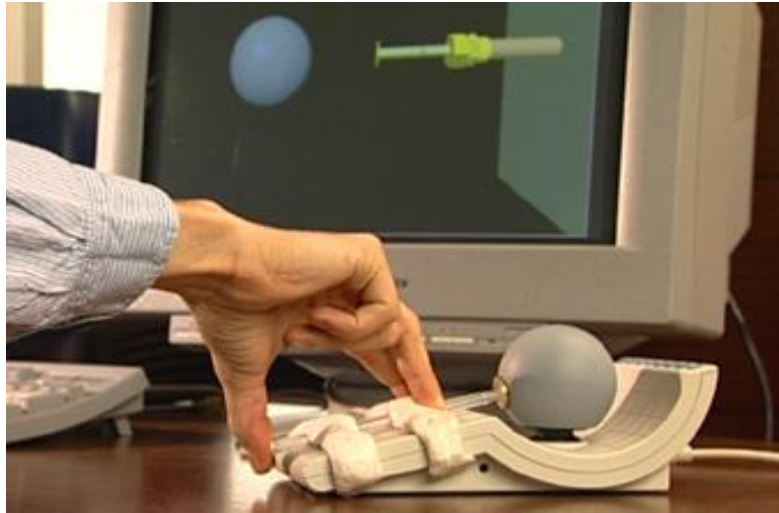


Figura 1. Simulador experimental de punción lumbar en el que el operador es capaz de percibir las distintas resistencias que ofrecen las estructuras al atravesarse.

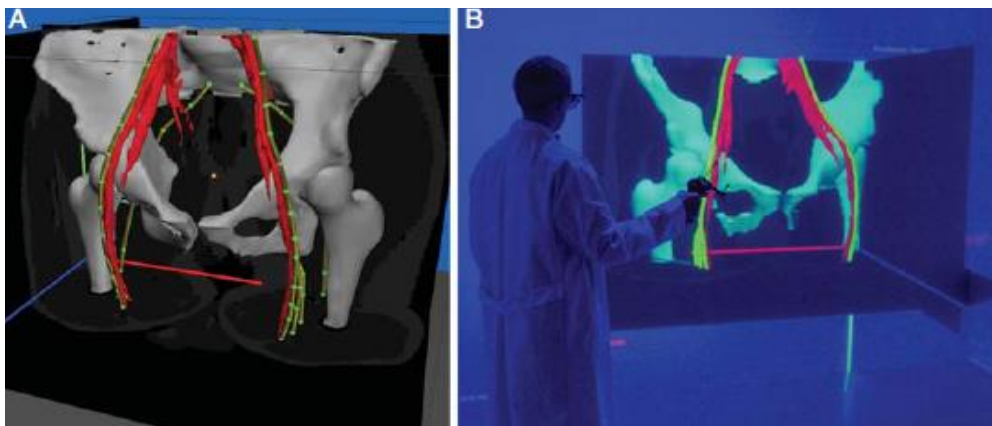


Figura 2. Región inguinal con la combinación de conjuntos de datos 3D (segmentación de los huesos y vasos sanguíneos) (Fig. A). Estos conjuntos de datos también pueden ser visualizados y manipulados en grandes entornos de inmersión virtual (Fig. B). Imágenes obtenidas del artículo de Grottke O. et al, 2009.



Figura 3. Aplicación para la simulación en anestesia regional. El aprendiz controla la aguja virtual a través de un dispositivo. Imágenes obtenidas del artículo de Grottke O. et al, 2009.



Figura 4. Cirugía general: sistema quirúrgico denominado “Da Vinci”, permite al cirujano realizar intervenciones con gran precisión y seguridad desde una consola desde donde maneja unos brazos robotizados. Con este “Robot” se obtienen mejores resultados para el paciente.

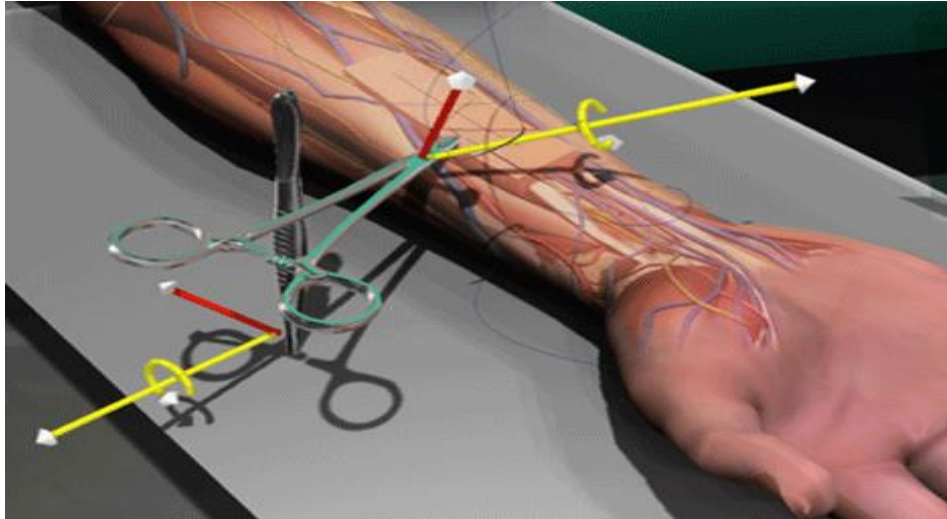


Figura 5. Simulador de cirugía, permite realizar suturas visualizando la anatomía del brazo.



Figura 6. Simulador para exploración en Urología.

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PORTABLES COMO ELEMENTOS INTEGRADOS EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA

Durante las dos últimas décadas se ha producido un crecimiento en el uso de dispositivos móviles. Según el último informe de la International Telecommunications Union existen en el mundo unos 6.800 millones de abonados con una línea móvil. En Europa en concreto, tenemos una penetración del 128% de población con una línea móvil y de un 68% con acceso banda ancha móvil. Nos encontramos, por tanto, en una sociedad donde cada vez se consume más contenido desde cualquier dispositivo. Si profundizamos más en los datos en España, éste es el país europeo líder en el uso de smartphones dentro del marco EU5 (Francia, Reino Unido, Italia, Alemania y España), con un 66% de penetración (Comscore report, 2013)

Todo este crecimiento de la tecnología móvil, donde el teléfono se ha convertido no sólo en un dispositivo para llamar, sino en un miniordenador con acceso a internet, ha generado que aparezcan las aplicaciones móviles, o también denominadas apps. En la actualidad, existen unas 900000 aplicaciones disponibles en appstore y 1 millón en Android Market, a fecha de Julio de 2013.(Statista, 2013)

"El uso de aplicaciones en España se ha duplicado en nuestro país en solo un año y todo apunta a que el ritmo se mantendrá", indica Javier Navarro, co fundador de The App Date y responsable de The App Date España. Los españoles usan cada vez más apps, actualmente el 80% de los usuarios con smartphone son usuarios

activos de apps, pero también tienen una oferta mucho más amplia donde elegir (AppDate Report, 2013). Por otro lado, en el último año, se ha producido también un crecimiento en el comportamiento digital de la audiencia en relación a formación y educación del 21% (Comscore report, 2013).

Estos datos nos transmiten la importancia que tienen los dispositivos móviles (smartphones, tablets, etc) en la actualidad y según un informe de la consultora PriceWaterHouse, la ubicuidad que ofrecen los servicios móviles suponen una tremenda oportunidad para el sector sanitario. De hecho, esta consultora junto con la entidad Global Systems for Mobile Communications Association (GSMA), prevé que para el 2017, el mercado del m-health sea del 23billones \$ en el mundo y de 6,9 bill\$ en Europa. Además, consideran que el ámbito del m-health es muy amplio, e incluye una serie de servicios. Uno de los cuales es el de Healthcare practitioner support, donde puede englobarse el tema de la educación y formación médica. Según ellos, este mercado supondrá un 5% del total. De ahí que hayan comenzado a crearse aplicaciones médicas accesibles desde cualquier dispositivo móvil (ya sea un Smartphone, tablet, PC, etc) y que son diseñadas con el objetivo de cumplir una función específica. Estas aplicaciones tienen diferentes grados de complejidad incluyendo algunas que son capaces de incorporar sensores para conectarlos al Smartphone,

En paralelo, y teniendo en cuenta este contexto, el personal sanitario, está comenzando a adaptarse a estas aplicaciones. De hecho, el uso y la preferencia por dispositivos móviles y tablets en personal sanitario es muy alta, con un 60% que utilizan los teléfonos móviles diariamente y un 44% utilizan tablets (Comscore Press Release, 2012)

JUSTIFICACION Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los dispositivos electrónicos portables (*smartphones* y *tablets*), se han convertido en herramientas tecnológicas de gran difusión y utilidad para la educación médica. El avance de la tecnología móvil es imparable. La utilización masiva de estos dispositivos en la población universitaria, está empezado a cambiar los hábitos de búsqueda de información y de comunicación entre los usuarios. Presentamos como proyecto de innovación docente, una aplicación tecnológica, bajo entornos portables que permite, a partir de una determinada imagen estática, de un atlas anatómico, visualizarla como un modelo tridimensional y dinámico; lo que constituye un enriquecimiento didáctico de la imagen anatómica, siendo además de gran ayuda en el proceso de aprendizaje de los alumnos. El sistema está compuesto por una librería de realidad aumentada llamada Vuforia. Tras el escaneado de las imágenes, se almacenaron en una base de datos. Los modelos tridimensionales visualizados en el entorno, son creados con *Unity3D* y *Maya*, El sistema soporta las plataformas *Android* e *iOS*.

Estos recursos enriquecen y facilitan la transmisión de contenidos didácticos, favoreciendo la formación médica. El manejo de estos dispositivos portables permite gestionar el conocimiento a los estudiantes, desarrollando nuevas formas de innovación docente y elevar así la calidad del proceso académico. Estas aplicaciones incentivan el aprendizaje de los estudiantes, promoviendo una atención más participativa.

Los atlas anatómicos constituyen un elemento muy importante en la enseñanza de la Anatomía Humana, siendo uno de los recursos que más maneja el alumno de la titulación de Medicina, Terapia

Ocupacional, Fisioterapia, Enfermería y Odontología. Sin embargo, estos libros son elementos pasivos en los que el alumno únicamente visualiza una imagen estática.

Los dispositivos portables de pequeñas dimensiones (*smartphones* y *tablets*) se convirtieron, durante el año 2012, en el instrumento tecnológico más vendido en España, con un crecimiento registrado del 68%, según el informe anual de "La Sociedad de la Información"; siendo la población universitaria el sector que más tiene y maneja estos aparatos.

Esta herramienta tecnológica, bajo entornos portables, que hemos desarrollado, permite, a partir de una determinada imagen estática, de un atlas anatómico, visualizarla como un modelo tridimensional y dinámico; lo que constituye un enriquecimiento didáctico de la imagen anatómica, siendo además una ayuda importante en el proceso de aprendizaje de los alumnos. El manejo de estos dispositivos móviles permite gestionar el conocimiento a los estudiantes, desarrollando nuevas formas de innovación docente y elevar así la calidad del proceso académico. Estas aplicaciones incentivan el aprendizaje de los estudiantes, promoviendo una atención más interactiva.

Nuestro desarrollo es soportable tanto para plataformas *Android* como *iOS*.

No cabe duda que los *smartphones* y las *tablets* constituyen en la actualidad un recurso adicional de utilización docente, que enriquece y facilita la transmisión de contenidos didácticos en el ámbito de la Anatomía Humana.

METODOLOGIA

El sistema está compuesto por una librería de realidad aumentada llamada *Vuforia* (<http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>) implementada por la empresa *QUALCOMM Incorporated*.

Las principales características que nos brinda Vuforia son:

- Callbacks para eventos.
- Acceso a componentes hardware del dispositivo.
- Reconocimiento de imágenes.
- Interacciones con el mundo virtual.
- Botones virtuales.
- Múltiple seguimiento (rastreo) de las imágenes.

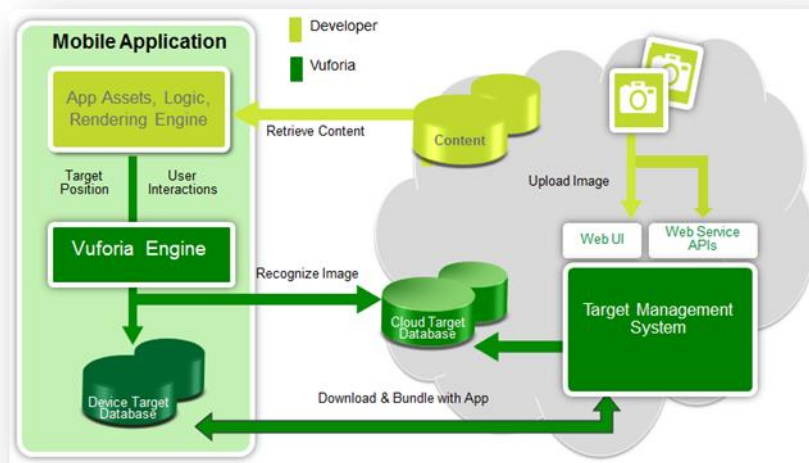
Para lograr un reconocimiento de imágenes correcto, primero estas deben ser escaneadas para obtener los puntos más característicos que posteriormente serán detectados por la aplicación móvil. Los datos pertenecientes a los patrones, se almacenan en una base de datos local dentro del dispositivo.

Adicionalmente, es posible cargar los patrones de reconocimiento de manera dinámica a través de un servicio en la nube que almacena una base de datos con los diferentes patrones de reconocimiento y estos pueden ser cargados en tiempo real en la aplicación final. Actualmente *Vuforia* nos brinda un API muy completa para trabajar en un entorno CLOUD.

En la actualidad se está mejorando y analizando estos algoritmos para que el consumo de la batería sea más eficiente y la

carga útil del dispositivo sea mayor, ya que la utilización de la cámara de manera continua puede suponer un problema de consumo.

En el siguiente diagrama se observa el proceso de desarrollo, utilizando la librería de *Vuforia* y las dos maneras de obtener los patrones de reconocimiento de las imágenes.



Arquitectura

El SDK de *Vuforia* está basado en los siguientes componentes:

Cámara

El componente de la cámara asegura que cada imagen es capturada y enviada de manera eficiente al rastreador que la identifica. La aplicación sólo tiene que inicializar la cámara para iniciar y detener el reconocimiento de imágenes.

Conversor de imágenes

El conversor de formato de píxel convierte desde el formato de la cámara (por ejemplo, YUV12) a un formato adecuado para OpenGL ES (por ejemplo, RGB565) y para el seguimiento (por ejemplo, la luminancia) de manera interna. Esta conversión también incluye la disminución de resolución para que la imagen de la cámara en diferentes resoluciones se adapten al sistema.

Rastreador

El componente *rastreador* contiene los algoritmos de visión por ordenador que detectan y rastrean objetos del mundo real en los fotogramas de vídeo de la cámara. Basándose en la imagen de la cámara, diferentes algoritmos se encargan de detectar imágenes o marcadores nuevos y de evaluar los botones virtuales. Los resultados se almacenan en un objeto de estado que es utilizado por el procesador de vídeo y se puede acceder desde el código de la aplicación. El rastreador puede cargar varios conjuntos de datos al mismo tiempo y activarlos.

Base de datos en el dispositivo

Las imágenes activas son cargadas en una base de datos en el dispositivo móvil que contiene un archivo de configuración XML que permite al desarrollador configurar ciertas características rastreables y un archivo binario que contiene la base de datos de las imágenes. Estos archivos son compilados por el desarrollador de la aplicación en el paquete de instalación y aplicación en tiempo de ejecución utilizado por el *SDK Vuforia AR*.

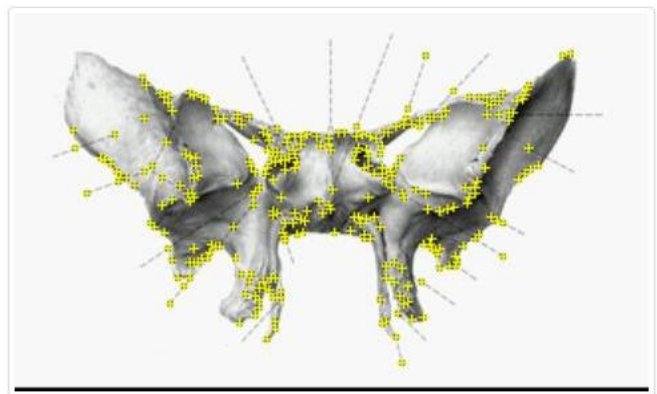
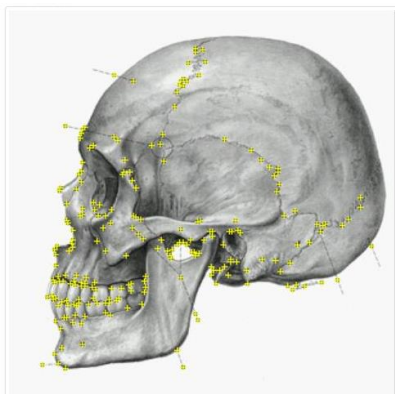
Base de datos en la nube

La base de datos en la nube puede ser creada usando la API de servicios Web de Vuforia. La aplicación utiliza la función de reconocimiento en la nube que realiza una búsqueda visual enviados imágenes de la cámara. Además de los datos de destino, las imágenes cargadas puede contener metadatos que se vuelcan sobre la consulta para añadir información adicional.

Reconocimiento de imágenes

A diferencia de los marcadores tradicionales, códigos de matriz de datos y códigos QR, las imágenes utilizadas no necesitan regiones especiales en blanco y negro o códigos para ser reconocido. El SDK de *Vuforia* utiliza algoritmos sofisticados para detectar y rastrear las características que se encuentran de manera natural en la propia imagen. *Vuforia* reconoce la imagen mediante la comparación de estas características naturales con los registros de la base de datos creada. Una vez que la imagen objetivo se detecta, el sistema hará un seguimiento de la imagen siempre que esté al menos parcialmente en el campo de la cámara de vista.

Puntos característicos de la imagen que son reconocidos por el algoritmo de *Vuforia*.



Plataformas soportadas

Actualmente el sistema soporta de manera nativa las plataformas *Android*, *iOS*, *PC* y el desarrollo se puede realizar en los sistemas *Windows*, *Mac OS* y *Linux*.



EL SDK de *Vuforia*, se encuentra en un estado desarrollo para Windows Phone.

Development Environment	Development Platform			
	Native SDK		Unity Extension	
	Android	iOS	Android	iOS
Windows	Yes	--	Yes, multi-platform deployment	
MacOS	Yes	Yes	Yes, multi-platform deployment	
Linux	Yes	--	--	--

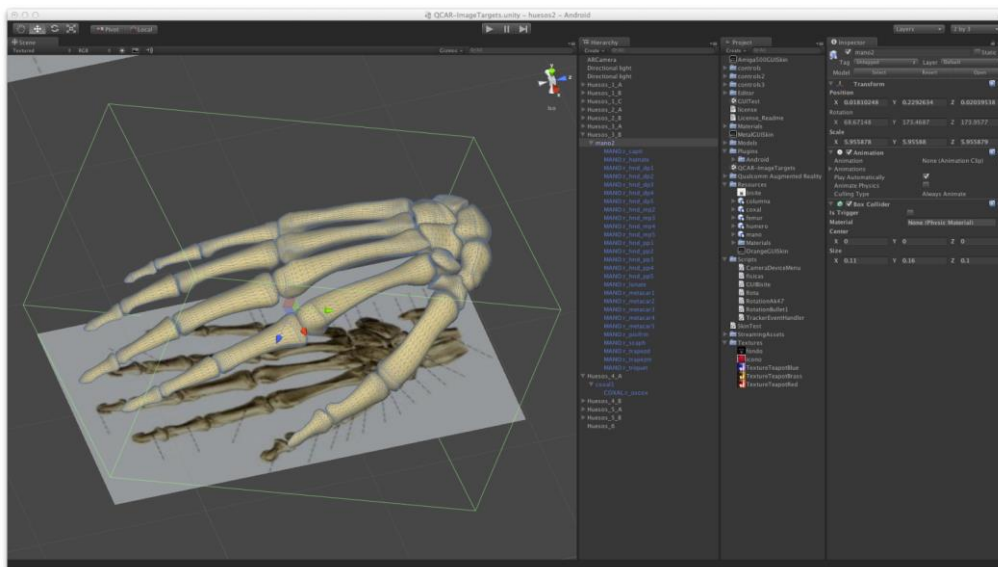
La librería ha sido probada con éxito en diferentes terminales, *Android* e *iOS* obteniendo un magnífico resultado y adaptándose a la

resolución de la pantalla del dispositivo para optimizar la experiencia del usuario.

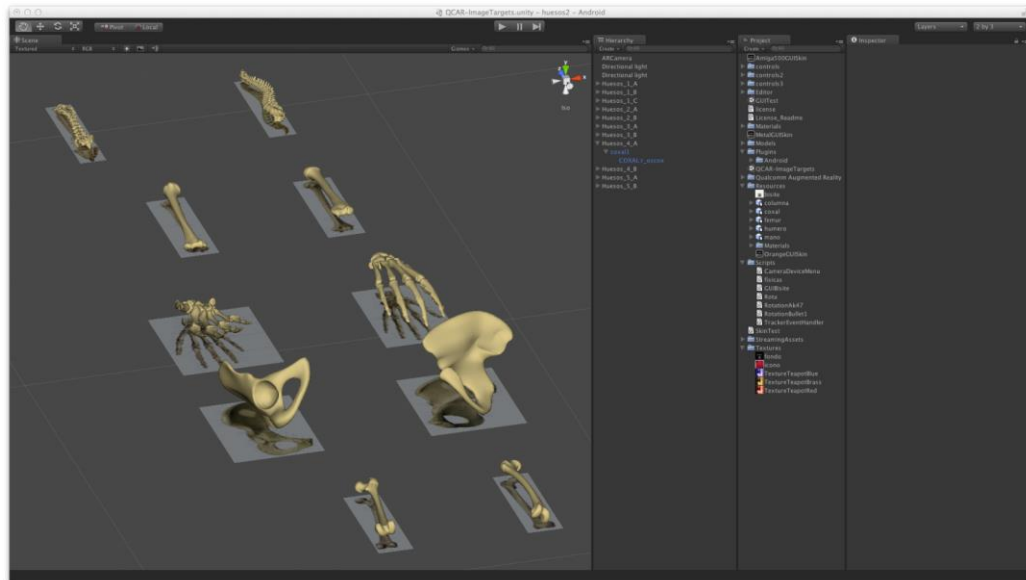
Descripción del entorno de desarrollo

Se pueden desarrollar de manera nativa, tanto aplicaciones para la plataforma *iOS*, a través de su entorno de desarrollo para Xcode , cómo para la plataforma *Android* utilizando un IDE de desarrollo java y el SDK .

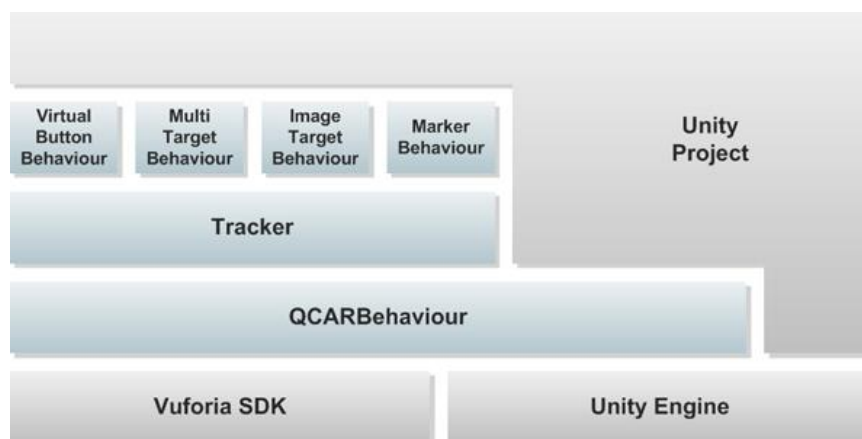
Los modelos visualizados en el entorno son creados con *Unity3D* y *Maya*, siendo la integración entre *Vuforia* y *Unity* completa.



Unity3D es un software potente y multiplataforma que nos permite exportar con un mismo proyecto a todas plataformas móviles (*iOS* y *Android*) siendo el desarrollo muy rápido. También optimiza el trabajo de construcción de escenarios y animaciones, ya que existen modelos y recursos gratuitos en Internet.



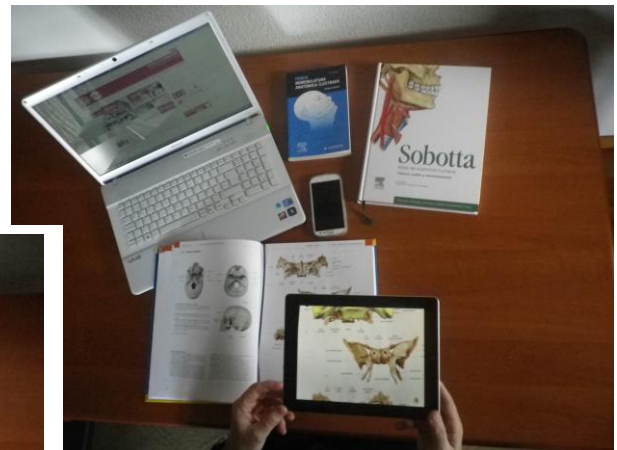
El siguiente diagrama muestra la integración entre el SDK de *Vuforia* y Unity3D:



RESULTADOS

La herramienta tecnológica desarrollada, para dispositivos portables, permite, a partir de una determinada imagen estática, de un atlas anatómico, visualizarla como un modelo tridimensional y dinámico; lo que constituye un enriquecimiento didáctico de la imagen anatómica, siendo además una ayuda importante en el proceso de aprendizaje de los alumnos.

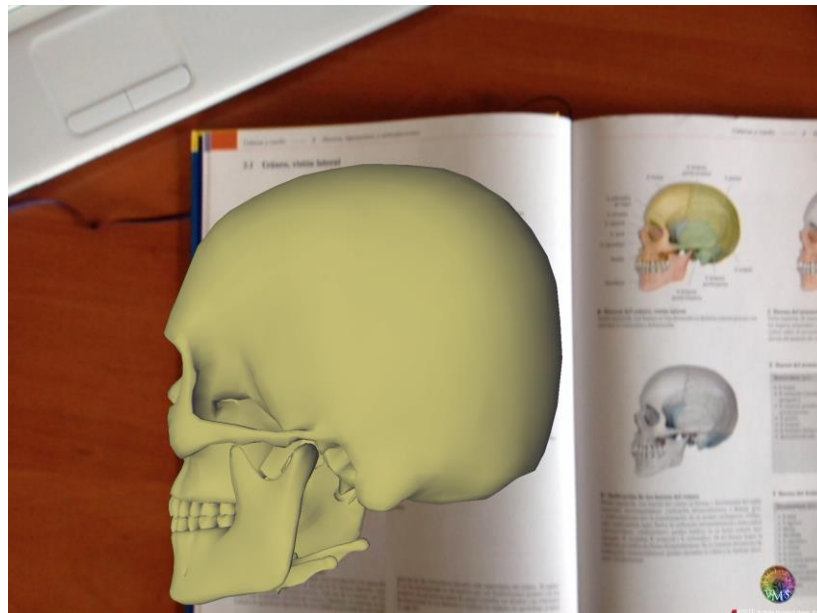
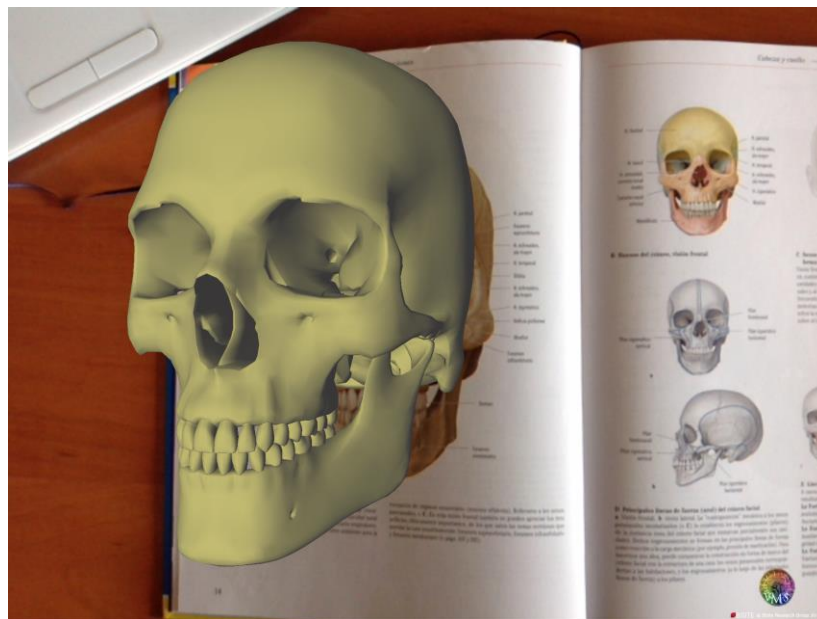
Mostraremos diferentes ejemplos de visualización con diferentes dispositivos, tanto para Android como para iOS.



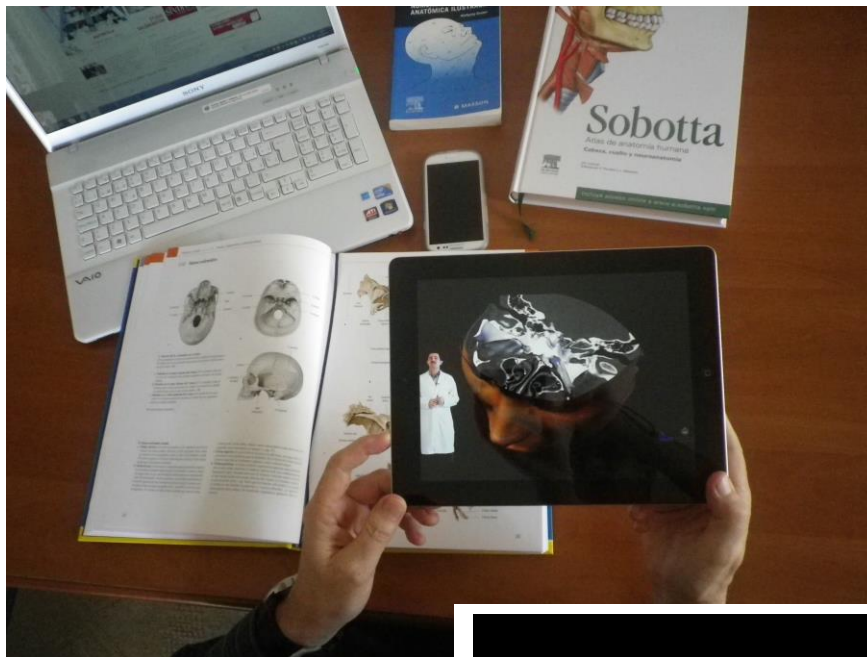
Dispositivos portables (smartphone y tablet) para visualización avanzada tridimensional de imágenes anatómicas desde un atlas.



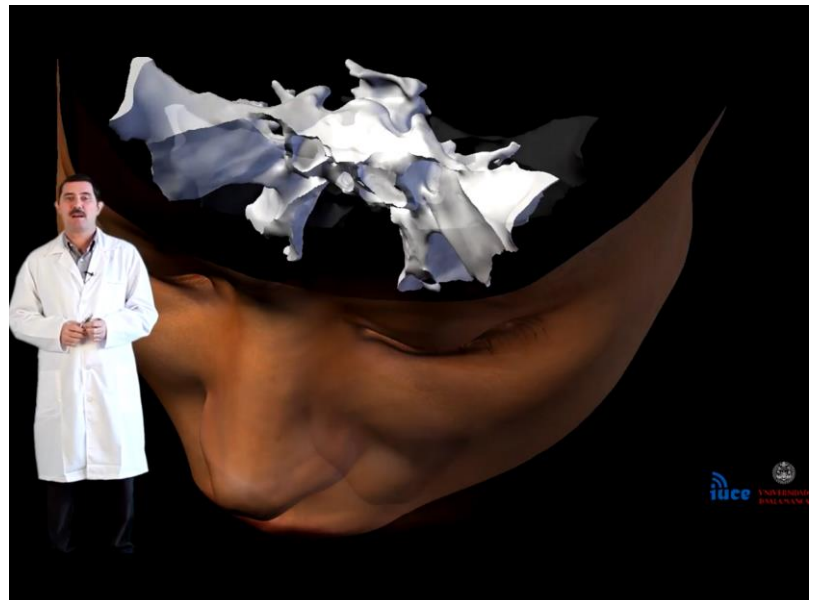
Barra superior, con iconos ilustrativos, que permiten el acceso a diferentes opciones: Video explicativo de una estructura ósea. Acceso a información textual de un hueso. Acceso a páginas web de interés y complemento a la estructura ósea analizada. Y en la parte de la derecha, botones de flechas que indican la posición en la que deseamos visualizar la imagen 3D.



Detalle de visualización del cráneo en 3D, desde un dispositivo tablet iPad. La manipulación sobre la imagen mediante el dedo del usuario permite la visión en cualquier plano del espacio del cráneo.



Ejemplo de explicación del hueso esfenoides mediante un audiovisual incorporado a la aplicación informática de realidad aumentada. También se incorpora una descripción textual esquemática de la estructura ósea seleccionada.



Esfenoides

Hueso situado por delante del occipital, ocupa la posición central de la base del cráneo y presenta una morfología muy irregular por la emisión de expansiones laterales e inferiores.

Partes y detalles óseos que debemos reconocer:

Cuerpo del Esfenoides:

es cuboideo, con seis caras. En su interior se encuentra el Seno esfenoidal.

Cara anterior:

Orificio(s) del seno esfenoidal; cresta esfenoidal anterior; pico del esfenoides.

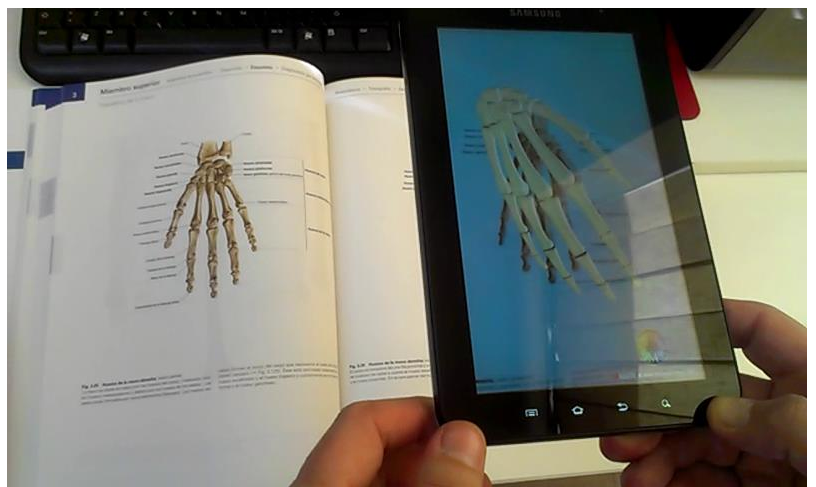
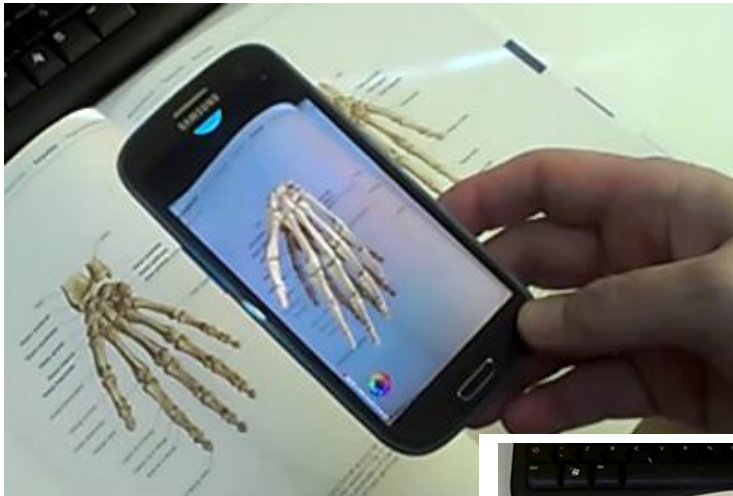
Cara inferior:

Cresta esfenoidal inferior

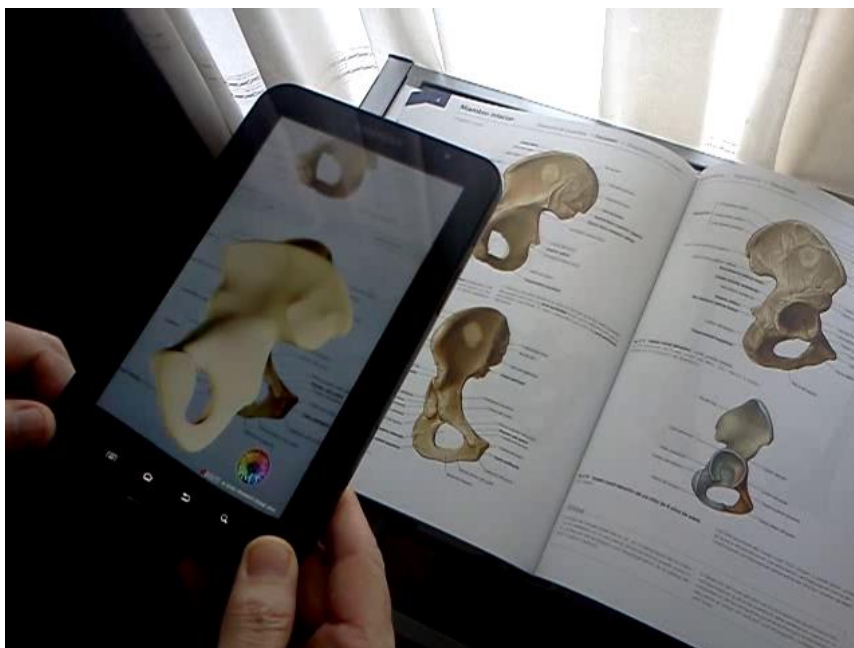
Cara superior:

Silla turca; yugo esfenoidal; limbo esfenoidal; canal óptico o surco quiasmático; tubérculo nituitario; anófilis elinoides anteriores. Lámina cuadrilátera; anófilis elinoides posteriores

Cerrar



Ejemplos de visualización de diferentes elementos óseos (huesos de la mano y hueso coxal), desde un smartphone y una tablet, ambos modelos de Samsung.



CONCLUSIONES

Estos recursos enriquecen y facilitan la transmisión de contenidos didácticos, favoreciendo la formación médica. El manejo de estos dispositivos portables permite gestionar el conocimiento a los estudiantes, desarrollando nuevas formas de innovación docente y elevar así la calidad del proceso académico. Estas aplicaciones incentivan el aprendizaje de los estudiantes, promoviendo una atención más participativa.

El avance de la tecnología móvil es imparable. La utilización masiva de estos dispositivos en la población universitaria, está empezado a cambiar los hábitos de búsqueda de información y de comunicación entre los usuarios. Parece evidente que los *smartphones* y las *tablets* se van abriendo camino poco a poco en el ámbito de la formación universitaria. Las propias características de estos dispositivos móviles, fomentan la implicación del alumno en el aprendizaje, mediante la interacción directa con los contenidos docentes; convirtiéndolos en una plataforma excelente para la formación universitaria

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEUX PL, FIESCHI M. Virtual biomedical universities and e-learning international journal of medical informatics. Int J Med Inform. 2007; 76(5-6): 331-335.

BIBIN L, LÉCUYERY A, BURKHARDTZ JM, DELBOS A, BONNETM. SAILOR: a 3-D medical simulator of loco-regional anaesthesia based on desktop virtual reality and pseudo-haptic feedback. In: Proceedings of the ACM symposium on virtual reality software and technology, 2008, pp. 97-100. Cannon-Bowers JA. Recent advances in scenario- based training for medical education. Curr Opin Anesthesiol 2008 ;21: 784-789.

CLARK D. Pedagogy and E-Learning. Brighton, UK: Epic; 2006.

COOK DA, LEVINSON AJ, GARSIDE S, DUPRAS DM, ERWIN PJ, MONTORI VM. Internet-based learning in the health professions: a meta-analysis. JAMA 2008;300: 1181-1196.

CUMIN D, MERRY AF. Simulators for use in anaesthesia. Anaesthesia 2007; 62: 151-162.

CUMIN D, MERRY AF, WELLER JM. Standards for simulation. Anaesthesia 2008;63: 1281-1284.

CURRAN VR, FLEET L. A review of evaluation outcomes of web-based continuing medical education. Med Educ 2005; 39: 561-567.

D'ALFONSO J, HALVORSON CK. E-learning in perioperative education. Surgical Services Management 2002, 8: 20-22.

DAVIS J, CRABB S, ROGERS E, ZAMORA J, KHAN KS. Computer-based teaching is as good as face to face lecture-based teaching of evidence based medicine: a randomized controlled trial. Med Teach 2008; 30: 302-307.

DENSON JS, ABRAHAMSON S. A computer-controlled patient simulator. J Am Med Assoc 1969; 208: 504-508.

DOYLE DJ. Simulation in medical education. Focus in Anesthesiology. Medical Education Online 2002; 7: 1-15.

FÄRBER M, HELLER J, HANDELS H. Virtual reality simulator for the training of lumbar punctures. In: Proceedings of CURAC, 2006. pp. 126-127.

FINN JE. Learning in resuscitation training – students say they like it, but is there evidence that it works?. Resuscitation 81 (2010) 790–791.

FORDIS M, KING JE, BALLANTYNE CM. Comparison of the instructional efficacy of Internet-based CME with live interactive CME workshops: a randomized controlled trial. J Am Med Assoc 2005; 294: 1043–1051

GARG AX, NORMAN GR, EVA KW, SPERO L, SHARAN S. Is there any real virtue of virtual reality? The minor role of multiple orientations in learning anatomy from computers. Acad Med 2002; 77 (Suppl 10): 97–99.

GAVILÁN E. Las innovaciones tecnológicas interactivas como herramienta docente: oportunidades y precauciones. Fundación Gaspar Casal para la investigación y desarrollo de la Salud. E-revista NETS num.03, 2010, pp. 29-31.

GOUVITOS F, VALLET B, SCHERPEREEL P. Les simulateurs d'anesthésie: interest et limites à travers l'expérience de plusieurs centres universitaires européens. Ann Fr Anesth Réanim 1999; 18: 787-795.

GREENHALGH T. Computer assisted learning in undergraduate medical education. BMJ 2001; 322: 40–44.

GRIGORE C, COIFFET P. Virtual Reality Technology (Second Edition) Ed. Wiley-IEEE Press, 2003.

GROTTKE O, NTOUBA A, ULLRICH S, LIAO W, FRIED E, PRESCHER A. Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia. British Journal of Anaesthesia 2009. 103 (4): 594–600.

GURUSAMY K, AGGARWAL R, PALANIVELU L, DAVIDSON BR. Systematic review of randomized controlled trials on the effectiveness of virtual reality training for laparoscopic surgery. Br J Surg 2008; 95: 1088–1097.

HADLEY J , KULIER R , ZAMORA J , COPPUS SF , WEINBRENNER S , MEYERROSE B. Effectiveness of an e-learning course in evidence-based medicine for foundation (internship) training J R Soc Med 2010; 103: 288–294.

HARIRI S, RAWN C, SRIVASTAVA S, YOUNGBLOOD P, LADD A. Evaluation of a surgical simulator for learning clinical anatomy. Med Educ 2004; 38 (8): 896–902.

HASSAN ZU, DORLING J, MCLAMEY JT, SLOAN PA. The patient simulator for training of anesthesia residents in the management of one lung ventilation. *Simul Healthc* 2008; 3: 47-52.

HU J, LIM Y, TARDELLA N, CHANG C, WARREN L. Localized virtual patient model for regional anaesthesia simulation training system. *Medicine Meets Virtual Reality* 2007; 185-190.

HUGENHOLTZ NI, DE CROON EM, SMITS PB, VAN DIJK FJ, NIEUWENHUIJSEN K. Effectiveness of e-learning in continuing medical education for occupational physicians. *Occup Med.* 2008; 58(5): 370-372.

ISSENBERG SB, GORDON MS, GORDON DL. Simulation and new learning technologies. *Med Teach* 2001; 23: 16-23.

ISSENBERG SB, SCALESE RJ. Simulation in health care education. *Perspect Biol Med.* 2008 Winter; 51(1): 31-46.

JUANES, J. A., PRATS, A., LAGÁNDARA, M. L., RIESCO, J. M. *Application of the "Visible Human Project" in the field of anatomy: a review.* *European Journal of Anatomy*, 2003; 7, 147-159.

JUANES JA, RODRÍGUEZ MJ, VELASCO MA, PRATS A, OLMOS S, MARTINEZ D, LAGÁNDARA ML. Entornos de simulación médica, con animación gráfica, para la enseñanza-aprendizaje de forma virtual. *CIDUI Barcelona* 2010. pp: 1-18.

JUANES JA, ALVAREZ H. Sistemas tecnológicos de simulación clínica en educación médica. *JID.* Ed. De las Heras, Peinado, Pereira y Rodríguez. Universidad de Salamanca. 2011. pp: 241-246.

JUANES JA, CABRERO A, GÓMEZ JJ, CABRERO FJ. Avances tecnológicos en la generación de entornos virtuales de simulación médica. *CASEIB.* 2011. pp: 673-676.

JUANES JA, ORTEGA F, GARCÍA B, RODRÍGUEZ MJ. Training systems and practical skills acquisition by means of stereoscopic visualization environments. Ed. Published by International Association of Technology, Education and Development (IATED). Barcelona, Spain. 2011. pp: 4717-4723.

JUANES JA. Nuevos entornos tecnológicos para la simulación en educación médica. *Educación Médica.* 2011; Vol 14 (2) 2011. pp: 18-20.

JUANES JA, CABRERO A, JUANES L, GARCÍA B, OLMOS S, RODRÍGUEZ MJ. Computer assisted simulation as a formative strategy for educational innovation. Published by: IATED.2012. pp: 4411-4417.

JUANES, J.A.; RUISOTO, P., RIESCO, J.M., PRATS A. *Development of anatomical and radiological digital brain maps*. European Journal of Anatomy. 2012; 16(2): 91-97.

JUANES MÉNDEZ J.A. Using smartphones as tools for teaching innovation and training support. 2ª Ed. JID. Universidad de Salamanca; 2013; pp: 111-116.

JUANES J.A.; RUISOTO P; PRATS A.; CABRERO FJ; ANDRÉS FRAMIÑÁN; PANIAGUA J.C., GÓMEZ J.J. Visualization and Interactive Systems Applied to Health Science Education. In García-Peñalvo, F.J. (Ed.) Proceedings of Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, In García-Peñalvo, F.J. (Ed.) Proceedings of Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, TEEM. 2013; ACM 978-1-4503-2345-1/13/11. ISBN: 978-1-4503-2345-1, pp. 49-53.

LAKE CL. Simulation in cardiothoracic and vascular anesthesia education: tool or toy?. Semin Cardiothorac Vasc Anesth 2005; 9: 265-273.

LAU F, BATES J. A review of e-learning practices for undergraduate medical education, J. Med. Syst. 28 (1). 2004, 71-87.

LETTERIE GS. Medical education as a science: the quality of evidence for computer-assisted instruction. Am J Obstet Gynecol 2003; 188: 849-853.

LEUNG KM, HENG PA, SUN H, WONG TT. A haptic needle manipulation simulator for Chinese acupuncture. In: Proceedings of medicine meets virtual reality. 2003. pp 187-189.

LEVINE AL, BRYSON EO. The use of multimodality simulation in the evaluation of physicians with suspected lapsed competence. J Crit Care 2008; 23: 197-202.

LEVINSON AJ, WEAVER B, GARSIDE S, MCGINN H, NORMAN GR. Virtual reality and brain anatomy: a randomised trial of e-learning instructional designs. Med Educ. 2007; 41(5): 495-501

MARTÍN-LABORDA R. Las nuevas tecnologías en la educación. Fundación AUNA. Madrid 2005

MAYOL MARTINEZ J. Apps Sanitarias: Conocimiento y Servicios Médicos,.Elaborado por la Unidad de Innovación, Hospital Clínico San Carlos

y la Universidad Complutense de Madrid. En Revista de Informática y Salud, 2013; nº101.

MAVAR M., PRATS A., BERENGUER C., JUANES J.A., PUIGDELÍVOLL A. 3D PDF technology combined with JavaScript functions enables the creation and visualization of interactive 3D presentations. In García-Peñalvo, F.J. (Ed.) Proceedings of Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, In García-Peñalvo, F.J. (Ed.) Proceedings of Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, 2013; TEEM. ACM 978-1-4503-2345-1/13/11. ISBN: 978-1-4503-2345-1, pp.67-72

MULLER M, DUPERRET S, VIALE JP. E-learning in medicine: appraisal and perspectives. Example of an educational website about echocardiography in anaesthesia, intensive care and emergencies: www.echorea.org. Ann Fr Anesth Reanim. 2008; 27(10): 832-839.

MURRAY D. Clinical simulation: measuring the efficacy of training. Curr Opin Anaesthesiol 2005; 18: 645-648.

NIETO J., ALONSO P., JUANES J.A., SANTOS J.A., HERNÁNDEZ F., MORENO V., SERRANO F.J., CURTO B., ALAEJOS J.A. Medical training for echo-guided infiltration of Botulinum toxin by an echograph simulator. In García-Peñalvo, F.J. (Ed.) Proceedings of Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, TEEM. 2013; ACM 978-1-4503-2345-1/13/11. ISBN: 978-1-4503-2345-1, pp. 15-19.

OKUDA Y, BRYSON EO, DEMARIA S JR, JACOBSON L, QUINONES J, SHEN B, LEVINE AI. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? Mt Sinai J Med. 2009; 76(4): 330-343.

PALÉS ARGULLÓS JL, GOMAR C. El uso de las simulaciones en Educación Médica, en Juanes Méndez, JA (Coord.) Avances tecnológicos digitales en metodologías de innovación docente en el campo de las Ciencias de la Salud en España. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información. Universidad de Salamanca, 2010. Vol. 11, nº 2. pp. 147-169.

PRINCE NJ, CASS HD, KLABER RE. Accessing e-learning and e-resources. Medical Education 2010; 44: 436-437.

RABANAL JM, DEL MORAL I, QUESADA A., DÍAZ DE TERÁN JC, BORREGÁN JC, TEJA JL, OLALLA JJ, CASTELLANOS A, TORIO J. Los simuladores médicos en la formación continuada: nuestra experiencia con 553 médicos de urgencia hospitalarios. Emergencias 2003; 15: 333-338.

RODRÍGUEZ M^aJ, JUANES JA, GARCÍA B, LAGÁNGARA M^aL. Evaluación formativa y entrenamiento con simulación para la adquisición y el refuerzo de habilidades diagnósticas en Ciencias de la Salud. En EVALfor (Ed.), Evaluar para aprender en la universidad: Experiencias innovadoras de evaluación en la era digital Madrid 2010: Bubok Publishing: 132-139.

RUISOTO, P, JUANES, J.A., CONTADOR, I., MAYORAL, P., PRATS-GALINO, A. Experimental evidence for improved neuroimaging interpretation using three-dimensional graphic models. Anatomical Sciences Education, 2012; 5 (3), (pp.132-137).

RUIZ JG, MINTZER MJ, LEIPZIG RM. The impact of e-learning in medical education. Acad Med. 2006; 81: 207-212.

SCALESE RJ, OBESO VT, ISSENBERG SB. Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education. J Gen Intern Med 2008; 23: 46-49.

SOLIS J, SITGES M, ROBERT A, HUNG J. Ecocardiografía tridimensional. Nuevas perspectivas sobre la caracterización de la válvula mitral. Rev Esp Cardiol. 2009; 62: 188-198.

ULLRICH S, MENDOZA J, NTOUBA A, ROSSAINT R, KUHLEN T. Haptic pulse simulation for virtual palpation. Proc BVM 2008; 187-191.

ULLRICH S, FROMMEN T, ECKERT J, SCHÜTZ A, LIAO W, DESERNO TM, NTOUBA A, ROSSAINT R, KUHLEN T. Interactive Modeling and Simulation of Peripheral Nerve Cords in Virtual Environments. SPIE, 2008. pp. 69182-69188.

VOCHKOVA J, MAYBURY TS, FARAH CS. Testing the educational potential of 3D visualization software in oral radiographic interpretation. J Dent Educ. 2011; 75(11): 1417-1425.

WELLER JM, MERRY AF, ROBINSON BJ, WARMAN GR, JANSSEN A. The impact of trained assistance on error rates in anaesthesia: a simulation-based randomised controlled trial. Anaesthesia 2009; 64: 126-130.

WUTOH R, BOREN SA, BALAS EA. ELearning: a review of Internet-based continuing medical education. J Contin Educ Health Prof 2004; 24: 20-30.

ZAPATA M. Brecha digital y educación a distancia a través de redes. Funcionalidades y estrategias pedagógicas para el e-learning. Anales de documentacion, nº 8, 2005, pp. 247-274.

Fuentes electrónicas

National Library of Medicine,
http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html

"ICT Facts Figures 2013" (2013), International Telecommunications Union
<http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2013-s.pdf>

AZEVEDO H; SANCHEZ MARTINEZ P (2013, 15 Abril) "Spain Digital future in focus 2013" Comscore Withepaper
http://www.comscore.com/esl/Insights/Presentations_and_Whitepapers/2013/2013_Spain_Digital_Future_in_Focus

Number of mobile apps available in Apple Store (2013) Statista
<http://www.statista.com/statistics/263795/number-of-available-apps-in-the-apple-app-store/>

Number of mobile apps available in Google Play (2013), Statista
<http://www.statista.com/statistics/266210/number-of-available-applications-in-the-google-play-store/>

Informe sobre las Apps en España (2013), The AppDate
<http://madrid.theappdate.com/informe-apps-2013/>

Emerging Mhealth: Paths for growth.(n.d) PriceWaterHouseCooper research.
http://www.pwc.com/en_GX/gx/healthcare/mhealth/assets/pwc-emerging-mhealth-exec-summary.pdf

"Touching lives through mobile health report" (n.d) GSMA and PriceWaterHouseCooper research.
<http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/gsmapwctouchinglivessthroughmobilehealthreport.pdf>

RESTON VA (2013, 3 Diciembre) "New Study on Physician Online Behaviours". Comscore press realease
http://www.comscore.com/Insights/Press_Releases/2012/12/New_Study_on_Physician_Online_Behaviors

BRESNICKk J (2012, 16 Noviembre) Physicians use mobile health apps for research and patient education
<http://ehrintelligence.com/2012/11/16/physicians-use-mobile-health-apps-for-research-and-patient-education>

BROOKS S (May 29, 2012) Physicians moving towards mobile devices. EHR Intelligence.

<http://ehrintelligence.com/2012/05/29/physicians-moving-towards-mobile-devices/>

KRISTEN P; ENTNER R; HENDERSON N (2010, 14 SEptiembre) The Rise of Apps Culture, Pew nternet Report.

<http://pewinternet.org/Reports/2010/The-Rise-of-Apps-Culture.aspx>

Popular categories in the App Store (2013) Statista.

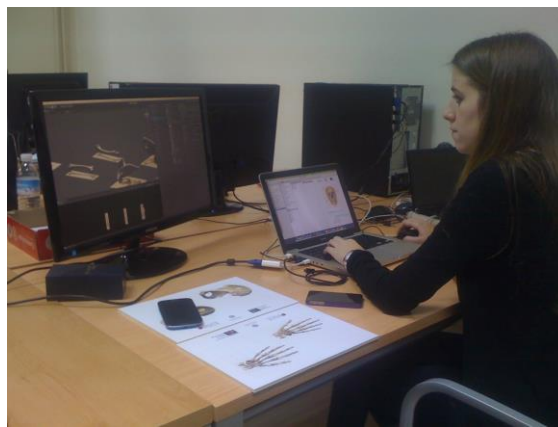
<http://www.statista.com/statistics/270291/popular-categories-in-the-app-store/>

COLABORACIONES

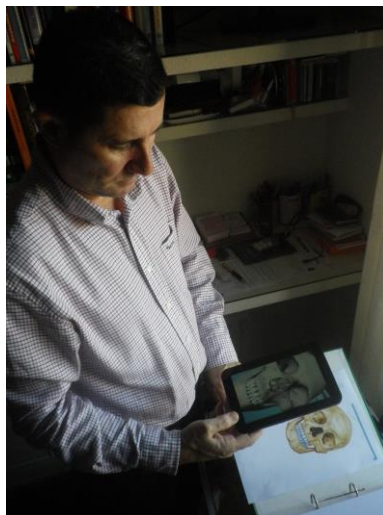
Grupo BISITE (Grupo de Bioinformática, Sistemas Inteligentes y Tecnología Educativa. Universidad de Salamanca).



Villarubia G.; Hernández, D. García, E. y Corchado J.M.



Grupo VisualMed System (Sistemas de Visualización Médica Avanzada)





EQUIPO DE TRABAJO

MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO (sin incluir al coordinador):			
NIF	Nombre y apellidos	E-mail	Teléfono
7.808.478R	Fco. Javier CABRERO FRAILE (1)	cabrero@usal.es	Ext. 1849
24.158.646K	Marcelo F. JIMENEZ LÓPEZ (2)	mfjl@usal.es	923291383
7836109D	M ^a José SÁNCHEZ LEDESMA (3)	mledesma@usal.es	Ext.1965
22.728.082B	M ^a José RODRIGUEZ CONDE (4)	mjrconde@usal.es	Ext. 3424
72034570 L	Pablo RUISOTO PALOMERA (5)	ruisoto@usal.es	669 197 002
7.785.759Y	Manuel RUBIO SÁNCHEZ (6)	mrsa@usal.es	Ext. 4547
7.825.063A	Manuel ASENSIO GÓMEZ (7)	mago59@usal.es	Ext. 4547
7.781.667P	José M. RIESCO SANTOS (8)	jmrs@usal.es	Ext.4547

Coordinador del Proyecto: Prof. Dr. Juan A. Juanes Méndez